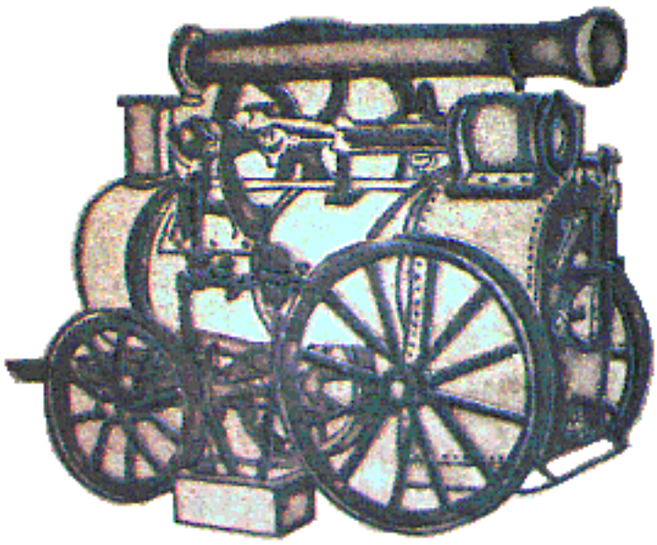
Curso a distancia para “La generación y el uso eficiente del vapor”

año 2007

Modulo 1-ALGO DE HISTORIA DE LAS CALDERAS



Caldera Locomóvil

PROLOGO

La crisis del petróleo del 2005, causada por la “inquietud” mundial (terrorismo y otras causas) **sumadas al posible “fin de la era del petróleo barato” y del gas natural** (una reserva estratégica para los países desarrollados o de quienes la poseen), **nos obliga a pensar en los combutibles alternativos** : biomasa, en el Uruguay. especialmente la leña (eucaliptos y desechos agrícolas), o energías eólicas y solares, cuya aplicación tiene un costo muy alto y problema de almacenamiento. Será quizás la energía atómica la última alternativa con real “potencia” o será algo nuevo que todavía el hombre no domina. En una publicación “ Pequeño Manual para la generación y uso eficiente del vapor” del año 2.000, decía.

“En un mundo difícil de comprender, con este Pequeño manual para la generación y el uso eficiente del vapor , trataremos de poner nuestro granito de arena a un problema que nos atañe a todos.

Vivimos hablando de la **ecología**, pero medimos los países por su aumento en la producción de energía y **no por el uso EFICIENTE de la misma.** Cualquiera que sea la **energía,** especialmente **la combustión de los combustibles fósiles** (carbón, petróleo, gas natural o derivados), no solamente **son elementos muy contaminantes**, sino que una vez **lograda su buena o mala combustión, dejarán para siempre su nivel energético y su condición material para otros usos, pasando a ser elementos contaminantes, desde el “efecto invernadero”, “lluvias ácidas”, etc.**

En el mundo actual la meta parece ser solamente vender más, ya que los países que disponen dichas riquezas naturales, viven una época de divisas fáciles, que estropea la conducta humana.

Por otra parte, el consumidor **hace gala** a la **“potencia”** y no a la **EFICIENCIA**. Cuando vemos un persona sola, en un gran automóvil, su “jactancia” es el poder real de su motor (y el ruido de su escape) y no el tener conciencia de que está “despilfarrando” la energía que nos pertenece a todos.

En todos los ordenes de la vida se nota este falso concepto, aún es los organismos estatales, que debieran **dar el ejemplo e inducir a ello** (en sus chimeneas, en sus vehículos, en su iluminación, etc).

En años no tan lejanos, en el Uruguay existió una verdadera preocupación por el tema, se creó un organismo dependiente del Ministerio de Industria y Energía, se le llamó **GREI** (Grupo de la Racionalización de la Energía Industrial), su vida real fue relativamente corta y en su momento dio su fruto : **nos indujo a todos los que estábamos en el tema a pensar y compartir**.

¿ Que fue de aquello?

A veces el hombre vuelve sus pasos por el camino mal trazado y parece condenado a su propia glotonería y egoísmo.

¡ Hagamos algo, quizás todavía hay tiempo !

Modulo 1-ALGO DE HISTORIA DE LAS CALDERAS

Introducción

En este mundo actual**, la energía es la moneda universal,** que mueve al espacio ocupado por el hombre**, es la responsable de buena parte** (o de la mayor) **de la contaminación del planeta** (con algunas pocas excepciones), **por lo que nos obliga la competitividad actual y la contaminación casi sin retorno** (del uso de combustibles fósiles), **de actuar con el mejor sentido humano, para aprovechar el uso de la energía liberada, usando la mínima necesaria, contaminando lo mínimo posible y cambiando el concepto de generar más energía por el concepto de aprovechar mejor la energía.**

Nos guste o no, **los combustibles fósiles se acaban**, en los años futuros, sino **encontramos una energía alternativa, duradera y no contaminante, será el fin de nuestros días.** Quizás las generaciones futuras, **nos vean como una época de barbarie, en donde “quemamos” algo tan preciado como los combustibles fósiles**, cuyo uso tiene más sentido en la industria química, que la simple y mala liberación de energía.

En el **URUGUAY,** creo que falta una verdadera política energética, estamos cambiando el paso a cada momento. Hicimos una hermosa experiencia con la combustión a leña (década de los 80), **un recurso nuestro, renovable, cuya contaminación de combustión** (CO2) **es retornada a la misma planta en su proceso de crecimiento vegetal.**

Además, **por cada caldera a leña** le damos trabajo a muchas familias Uruguayas, con un caldera a F.Oíl le damos trabajo a los foguistas de turno y un viaje de camión cada tanto, con las calderas a gas, quizás hasta el foguista tienda a desaparecer.

El gas implica un riesgo estratégico, **es un caño.....**

En Alemania, ya se preparan nuevamente para el fin del petróleo, ...aquí volvimos al F. Oíl, ahora posiblemente al gas (que no tenemos la “llave” y que también se acabará),**.....despreciando la experiencia tan hermosa que hemos hecho de la leña.**

En la siguiente página, he puesto una transcripción del espíritu de un artículo escrito en ALEMANIA, a fines de 1999, traducido por gentileza del **Ing. K. Bauer** (padre, cuya basta experiencia en el tema, muchos conocemos)**, en el cual se plantea el retorno a las energías renovables, como la leña:**

“ENERGÍA: Con madera, hacia el camino correcto por la generación de energía.

PORTADORES DE ENERGÍA RENOVABLES DE ZONAS EN PARTICULAR. Noticias VDI, Dortmund **17/12/99** (**Asociación Ingenieros Alemania**).

No todos los sueños de la biomasa como combustible para la generación de energía se cumplirán.

Sin embargo, algunas materias primas de crecimiento sucesivo, obtenidas de la tierra nativa o lugareña, tienen chance de sustituir las futuras fuentes de petróleo que fluirán más restrictivamente.

“Energías renovables” es el futuro. Esta afirmación no es tan nueva, pero el Dr. Karsten Block, gerente del Centro para Materias Primas de Crecimiento Sucesivo NRW, en Bad Sassendorf, al Nordeste del Dortmuund, describe nuevas líneas de desarrollo.

Dentro de medio siglo no habrá mucho más para buscar en petróleo y gas, y no es por nada que multinacionales del petróleo, como Shell y BP, se concentran cada vez más en el inagotable potencial de las energías renovables.

Considerando exactamente, en un tiempo previsible, **la edad del petróleo, habrá sido un episodio de 150 años**, y la agricultura tomará otra vez la función de productor de materia prima.

Lo que en un primer momento puede tomarse como una afirmación solo de palabras, lo acompañan los expertos del **Centro de Experimentación Agrícola** con muchísimos ejemplos prácticos.

Aquí no hay bío-fenómemos en el trabajo, sino pensadores para el suministro mundial de energía y alta tecnología con poco riesgo.

Naturalmente, acota Hans-Bernd Hatmann, la biomasa no cubre todo, sino que hay que colocarse frente a un amplio abanico de posibilidades.

La **energía eólica** también debe considerarse, así como la todavía demasiado cara **fotovoltaica**, el valor energético del trigo es de **2.400DM/ha**, **es superior al valor de venta en el sector alimenticio** de **1.600DM/ha** - estos valores han sido estrictamente calculados.

Los resultados de los ensayos señalan que los portadores de energía de la tierra nativa o lugareña se vuelven competitivos. **(Nota de CWT: en Uruguay la “chilca” llegó a ser un buen combustible, así como los granos y la materia fecal de animales, especialmente en épocas de guerra).**

Su valor mejora adicionalmente por el incontenible aumento del precio del petróleo.

Un competidor absoluto es la madera blanda no comerciable de los bosques delante de nuestra puerta. **(Nota de CWT : ¿que pasa con los sobrantes de los eucaliptos de exportación?)**

Modulo 1-ALGO DE HISTORIA DE LAS CALDERAS

La nueva técnica de calefacción desarrollada hace posible que grandes edificios y barrios enteros sean guiados a este positivo camino de madera.

Producción de pellets y chips, cadenas cerradas de proveedores y depósitos, permitan una calefacción con madera automática, que no quedan en desventaja frente a las más modernas calefacciones de gas natural o fuel.

Solamente los desechos de madera vivirán un resurgimiento energético, ya que a partir del año 2005 no podrán ser acumulados.

Los dolores de cabeza los da todavía la logística.

Ayudas puntuales aportan instituciones como el campo energético de Kempsten o un apoyo similar de Olsberg, donde se producen trozos de madera picada para grandes instalaciones de combustión.

Puntos a favor de la calefacción con pellets de madera es el combustible limpio y compacto, así como el bajo potencial de contaminación del medio ambiente (CO2, crecimiento y combustión neutra, **(aclaración de CWT : el mismo CO2 producido en combustión, es consumido por el árbol al crecer)** y no por último la disponibilidad permanente.

Además de este modo pueden utilizarlo viejas instalaciones de calefacción (**aclaración de CWT: en Alemania la calefacción en invierno es el gran consumidor de energía**),

El gobierno Alemán invirtió 200 millones de DM en un programa de experimentación que tiene por objetivo justamente la transformación de calefacciones a fuel oíl.

Karsten Block critica: “La buena intención sin embargo falla en que debe construirse también nuevamente la instalación de agua y con ello solo entran en consideración construcciones nuevas, quedando las existentes”.

NRW sigue caminos propios en la investigación y favorece sistemas enteros ligados térmicamente, ya que estos constituyen un punto de partida para instalaciones mayores.

En el caso del Miscantus, el una vez muy alabado “pasto elefante’, todavía no ha fructificado su utilización energética.

Una solución atractiva a observar es una plantación sobre la carretera a Dorwagen de 100 Ha de madera de crecimiento rápido cuya cosecha está prevista con fines energéticos.**(nota de CWT : en el Uruguay hay miles de hectáreas forestadas de eucaliptos ?)**

Si sólo se tomaran en cuenta razones técnicas y económicas y se dejaran de lado consideraciones éticas, la combustión de cereales sería un acierto.

Los excesos de cosechas no pueden dejar de discutirse y al contrario que en el caso de la madera, la cadena logística estaría cerrada.

“El trigo estaría predestinado” conjetura el Dr. Karsten Block, “ahí la caja registradora suena al máximo, pero lo hace en el oído más crítico”.

Con cereales se podría de todos modos ir a una tecnología de calefacción de alto rendimiento.

Sin embargo no parece que sea el camino.

Así que no es el desafío el problema, y el cambio a la combustión de biomasa no fracasa por el material, sino el escollo lo forman las todavía no cerradas cadenas logísticas.**(nota de CWT : en el Uruguay se transporta un 40% de agua junto con la leña verde y se utilizan camiones en vez del ferrocarril o los ríos).**

Frecuentemente falta también la aceptación de las autoridades comunales, que ven en una calefacción a leña todavía un problema de recolección de residuos especial.

Aún así, Block piensa: “La calefacción y combustión con madera ha alcanzado un nivel técnico competitivo.

Aún con el más crítico lápiz de cálculo rojo, se encuentran actualmente por lo menos zonas en particular donde resulta rentable.

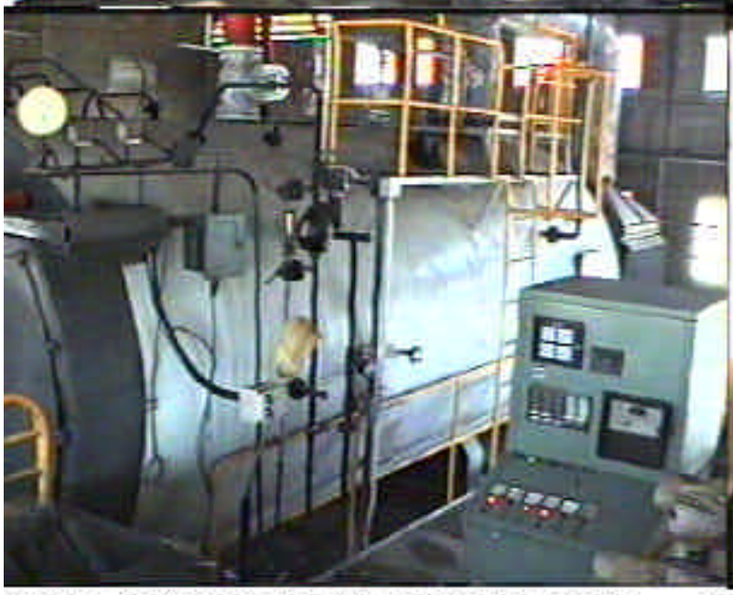
Hort Niehörster”

Nota de CWT: en el Uruguay, el escollo más grande parece ser la cantidad de personal para el manejo de la leña, especialmente su costo de directo y previsional, creo que en esto debemos de ver como una oportunidad de dar trabajo a la gente y no como un inconveniente, compensando los costos con el manejo de la leña ya seca, con un transporte de bajo costo, con un control de combustión con el máximo de eficiencia.

Modulo 1-ALGO DE HISTORIA DE LAS CALDERAS

ACERCANDO LOS ROLOS A LA CALDERA

CARGANDO LOS ROLOS EN LA CALDERA



VISTA GENERAL DE UNA CALDERA LEÑA

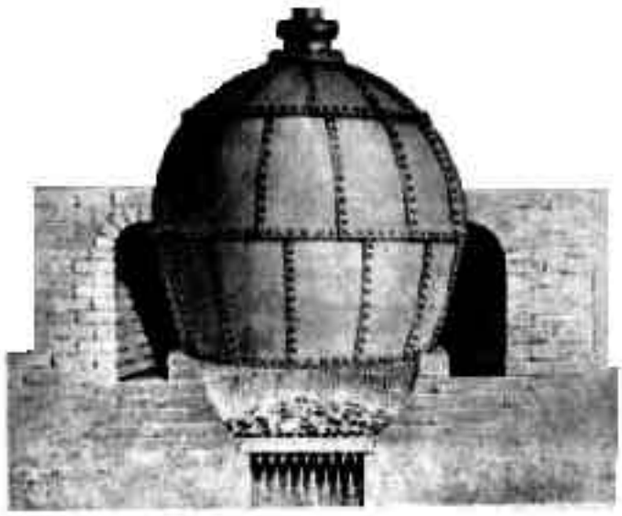
ROLOS EN COMBUSTION EN EL HOGAR

Un pequeño recorrido por la historia de las calderas

La historia de las calderas parece no tener un claro principio. El hombre desde hace muchos siglos atrás, trató de emplear la fuerza del vapor. Primero utilizando la **propiedades de su condensación**, en la cual en realidad **era la presión atmosférica quien hacía el trabajo** de presión al condensarse el vapor . Se puede decir que hasta fin del siglo 18, las calderas prácticamente eran de tan baja presión (apenas 3 a 4 libras por pulgadas o sea 200-300 gramos por centímetro cuadrado o 2-3 metros de columna de agua), que lo que hacían era **desalojar el aire con el vapor**, para luego proceder al enfriamiento del vapor, el cual **generaba un "vacío" al condensarse,** dando a lugar a que la presión atmosférica hiciera el trabajo de mover un émbolo o pistón.

La falta de conocimientos y materiales, era un límite natural. Se empleaban en la construcción láminas de cobre, latón, fundición de hierro, hasta madera y otros, de forma que al hacer la unión estanca entre las planchas que formaban la caldera, había tantas

pérdidas, que a pesar que la sellaban con un calafate de cartón o algo similar, luego tenían que poner en el agua elementos que hicieran de "tapón" entre las juntas (¡ hasta la bosta de caballo se ponía en el agua !). Veamos un dibujo de una caldera de ese tipo y hasta una fotografía



!!! caldera Haycock 1720

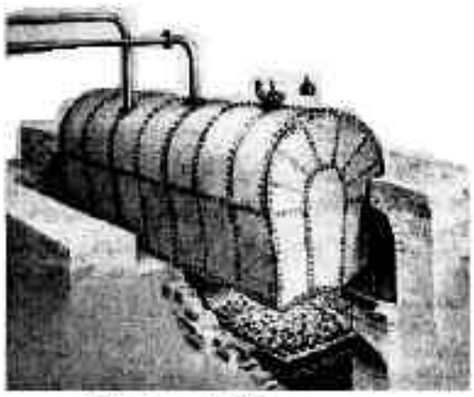
Fotografia tomada en 1938 caldera Haystack

Esta forma geométrica parece bastante razonable para la época, veremos que hay otras formas más dispares. Hay una fotografía tomada en 1938 en una caldera parecida a este tipo (encontrada en G.Bretaña, caldera Haystack), que nos da una idea de como eran estas calderas.

Llegar a esto fue todo una "hazaña".

Veamos algunos dibujos más de estas primitivas calderas del 1700....como la siguientes:

Modulo 1-ALGO DE HISTORIA DE LAS CALDERAS



Waggon 1768

Algunas de estas calderas, de baja presión, especialmente las últimas del cuadro siguiente, han llegado al principio del siglo 20.

En **Uruguay**, en el frigorífico **Casablanca de Paysandú**, en la década del 70 (1970) todavía se usaban calderas del tipo Diagonal, con dos tubos de hogar y el gas de combustión retornando por los laterales; **quemando leña, la eficiencia apenas llegaba al 50%**.

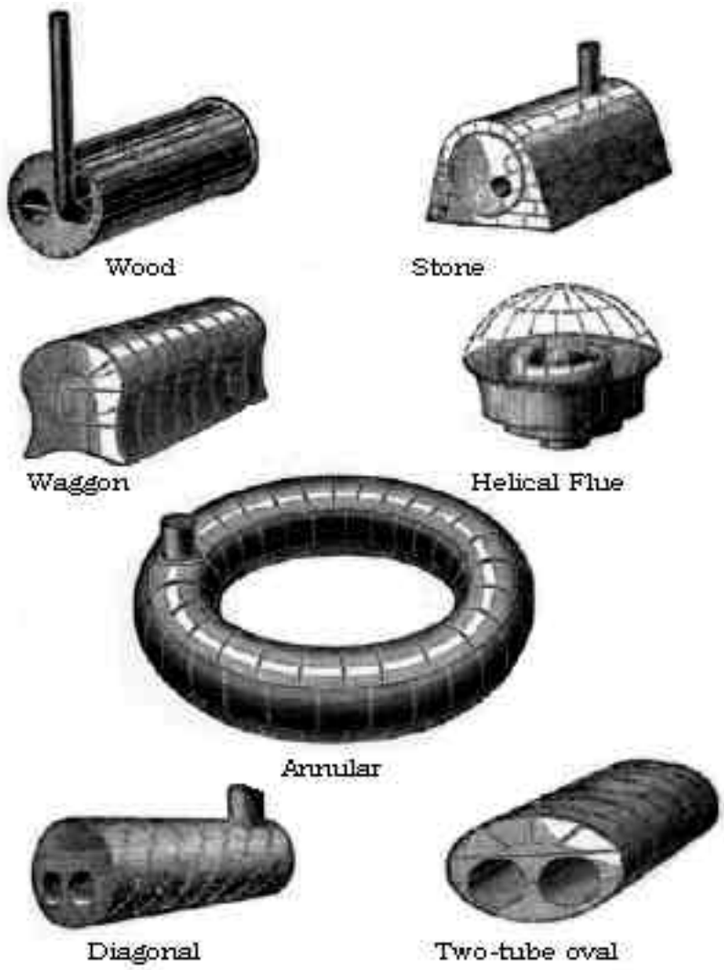
Era tanto el riesgo y la ineficiencia (el aprovechamiento del calor) de estas calderas, fabricadas más por herreros que por mecánicos o talleres especializados, que morían muchas personas en su operación.

Con la **aparición del hierro** como chapa (la fundición de hierro ya existía, pero el hierro "purificado" todavía no, el cual se podía trabajar mecánicamente) **en "planchas" forjadas**, y con la **necesidad de energía de operación en las minas y en las fábricas**, fueron apareciendo las primeras calderas con cierto sentido para aprovechamiento del calor y con ciertos criterios de seguridad.

Las actuales calderas fueron naciendo con los comienzos de la era "industrial", en los países Europeos, especialmente en Gran Bretaña Alemania,etc. , y en América (Estados Unidos de Norteamérica).

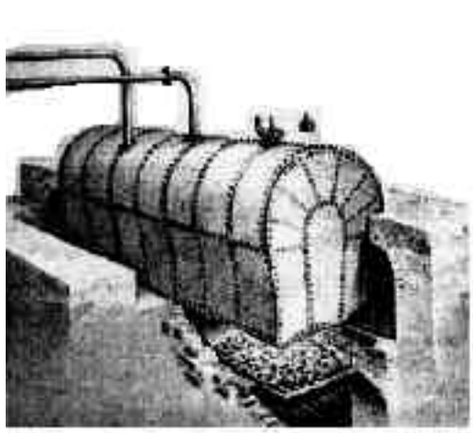
Los esfuerzos por **convertir la energía del calor en energía mecánica** para sustituir la energía de los hombres, los animales, el viento, el agua.....**eran permanente objetivo de los hombres.**

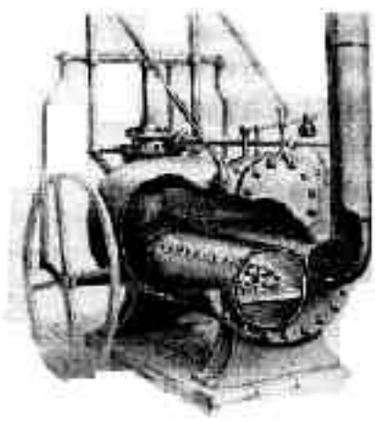
Modulo 1-ALGO DE HISTORIA DE LAS CALDERAS



Primero, en tierra firme, especialmente en las minas, luego en la industria y los ferrocarriles, en las cosechadoras, etc., dio paso al **uso naval** de esta nueva fuerza aprovechable.

Quizás la primera caldera humo-tubular que tenía ciertos principios de ingeniería fue la de **Trevithick en 1804.**


Waggon 1768


Caldera Trevithick 1804

Al comparar la caldera del Sr, Trevithick de 1804 con una Waggon de 1768, evidentemente no tienen "**nada que ver**".

Mejorando la calidad de los materiales, el diseño, los elementos de seguridad, la operación etc....en **el siglo 19 será el gran siglo de las calderas**, **con las máquinas alternativas de**

vapor, ya que los motores de combustión interna recién aparecerán a fin del siglo y comienzos del siglo 20. A fines del siglo 19 y principios del siglo 20, aparecerán las **turbinas a vapor**, moverán las grandes usinas y los barcos a vapor.

Dentro de la problemática de las calderas en el siglo 19 y comienzos del siglo 20, **el problema del agua era muy importante**, ya que había un gran desconocimiento del manejo de la misma. Generalmente se utilizaba el agua disponible en el lugar, que muchas veces era de la peor calidad. Poco a poco los "maquinistas" o primeros "foguistas" iban tomando conocimientos prácticos para mejorar el comportamiento del agua en las calderas. Utilizando los más variados elementos que introducían en el interior de las calderas (desde papas, aserrín, etc.,) para evitar que se formaran incrustaciones. Formándose barros extraibles, por la purga y teniendo que abrir en muchos casos, después de cada jornada, alguna tapilla de la caldera para sacar los barros del trabajo diario y volver a poner dichos elementos (papas, aserrín,etc.) nuevamente para la marcha.

Tanta gente murió y se accidentó, que tanto en Gran Bretaña y en Estados Unidos, **las compañías aseguradoras apremiaban a los fabricantes de calderas las mejoras para evitar accidentes**. Tal es así, que hasta las publicaciones de aquellas épocas tenían reservado en sus páginas **los accidentes de calderas del mes**.

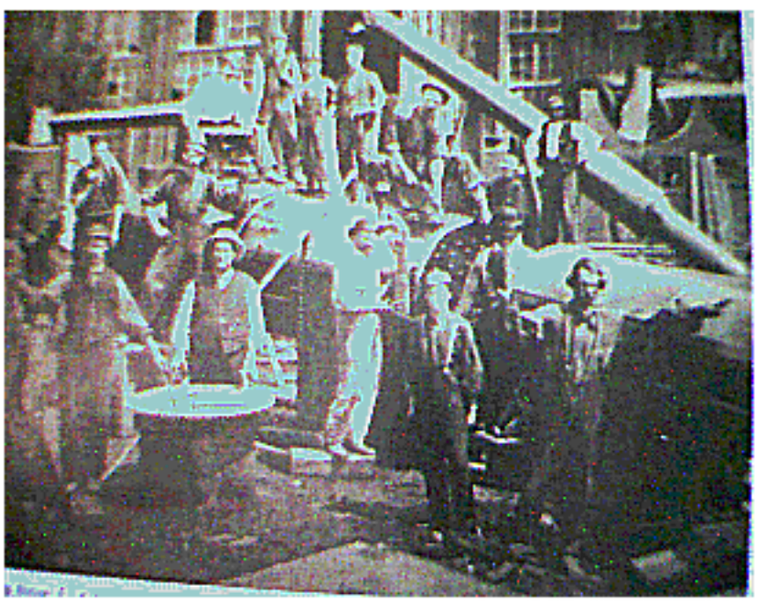
En **Inglaterra** una compañía aseguradora había determinado aproximadamente que en el año **1862**, en un reporte mensual, indicaba que se habían registrado en dicho **mes 202 explosiones de calderas, que habían fallecido 438 personas y habían sido heridas unas 476 con serías lesiones.**

A medida que transcurría el siglo 19, aparecieron las **calderas acuto-tubulares**, dando mayor seguridad a medida que aumentaba la presión de trabajo. Se llegaron a llamar "**inexplosivas".**

Pero todo el siglo 19 fue una verdadera "batalla" para llegar a tener calderas con cierta seguridad. En 1866 al hacer un "Records of Boiler Explosions" (un informe de las explosiones de calderas ocurridas hasta la fecha) **en Gran Bretaña, se llegaba a la conclusión que hasta la fecha habían ocurrido unas 1.046 explosiones, causado la muerte a unas 4.076 personas y herido a unas 2.903** (quizás hubieran más no contabilizadas por la falta de organismos de control, comunicación o archivo).

Tanto en Europa como en Estados Unidos, se fueron formando **asociaciones de ingenieros, fabricantes, aseguradores,** etc. Fueron tomando conciencia del problema y fueron **dictando** "**normas**" para el diseño, construcción, operación de las calderas e inspección de las mismas.

Taller de calderas de E. Keeler 1869-U.S.A.



Calderas remachadas

Forjadas a mano

Sin normas de construcción

La experiencia del fabricante

calderas humo-tubulares

Modulo 1-ALGO DE HISTORIA DE LAS CALDERAS

Por ejemplo, en ESTADOS UNIDOS, pasó lo siguiente:

Recién en los **1880** fue fundado el **ASME** (**American Society of Mechanical Engineers**, o "Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos"). Sociedad de ingenieros que irá creando normas para la fabricación de elementos mecánicos, creando con el tiempo lo que se llamaría el **Boiler & Pressure Vessel Code** (Código para calderas y recipientes a presión).

En todos estos años se producirían tantos accidentes de calderas que las revistas técnicas, como **POWER**, tenían una sección que se llamaba : "**This month's accidents**" (Accidentes del mes).

Esto llevó a que se reunieran los fabricantes de caldera y crearan en **1888** la **ABMA** (**American Boiler Manufacturater Association** o "Sociedad Americana de Fabricantes de Calderas"). Era así llamada la sociedad americana de **fabricantes de calderas**.

La combinación de estas asociaciones, con **las compañías aseguradoras** (responsables de las pérdidas económicas)**, al ocurrir graves desastres, forzó a la necesidad de estos códigos o reglamentos para calderas.**

Hubo un hecho que marcó esta necesidad.

Fábrica de zapatos, de Brockton en Massachusetts, U.S.A.

En 1905 una fábrica de zapatos sirvió como detonante de esta situación de falta de seguridad.

A partir de este hecho se comienza a pensar en un **código sobre la construcción de calderas**, en la cual estuvieran representados los **ingenieros mecánicos**, los **fabricantes de calderas** y las **compañías aseguradoras**. Este hecho fue una "tremenda explosión" en Massachusetts, en Brockton, donde una fábrica de zapatos prácticamente desapareció, muriendo muchas personas y quedando heridas muchas más.

Esto llevó a que en el estado de Massachusetts se creara el primer código de construcción, cuidados e inspección de las calderas con fuerza de reglamento o ley.

Modulo 1-ALGO DE HISTORIA DE LAS CALDERAS

Fábrica de zapatos de Brockton en Massachusetts, U.S.A, luego de la explosión de las calderas, matando 58 personas e hiriendo a 117. Luego de este desastre, se comenzó a reglamentar la construcción y uso de las calderas en el estado de Massachusetts, en 1907.

Luego otro estado, **Ohio**, siguió el ejemplo de **Massachusetts**.

Ahora se daban las condiciones para que se creara el primer código a nivel nacional. Esto demoró unos años más, en discusiones, pero en 1914, se creó : ***Rules for de construction of stationary boilers and for allowable working pressures*** (Reglamento para la construcción de calderas estacionarias y su presión permitida de trabajo). Se homologó en **1915**, era un **código de la ASME**, en consejo con la **ABMA**. Para que tuviera efecto de ley en todo el país hubo que crear lo que se llamó **The American Uniform Boiler Law Society** (formada en 1916, Sociedad Americana para Uniformizar Leyes para Calderas). Actualmente el **código americano** se llama: ***ASME Boiler and Pressure Vessel Code*** (Código para Calderas y Recipientes a presión de la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos).

No olvidemos que **un simple recipiente con aire comprimido puede ser muy peligroso,** si no se construye con los materiales, técnicas y diseños adecuados, esto ocurre con **todos los fluidos que puedan ser comprimidos y puedan expandirse**.

Una etapa muy importante, fue la de **elegir quienes serían los inspectores de estas normas.** **Lo más importante de una norma o un sello, es ser respectados**. Por eso en **1919** se organizó el **National Board of Boiler and Pressure Vessel Inspector**.

Estos **inspectores** hasta el día de hoy se nombran con una **cuidadosa selección**, de las más **diversas carreras** (ingenieros mecánicos, navales, etc.). Significativamente, **pesa mucho la experiencia en el área de calderas** (tanto en la operación de calderas de presión y capacidad, como en el tiempo que han sido operadas). Estos inspectores **actúan bajo su responsabilidad,** una vez obtenido su certificación para actuar, es decir, **son responsables del sello que otorgan** y cada tanto deben concurrir a cursos de reciclo.

Lo que debe quedar claro, es que todos estos códigos e inspecciones, lo que buscan es que la caldera y los recipientes de presión, **sean equipos seguros para su operación** y no un mero trámite burocrático para obtener un permiso.

Hoy en día siguen habiendo accidentes en las calderas.

La falta de preparación de las personas, quizás sea la principal causa de accidentes. La falta de responsabilidad de algunas personas que dan **la falsa idea de que conocen el tema**, algunas vendiendo reparaciones, tratamientos, aparatos relacionados o enseñando equivocadamente, hacen que estos accidentes puedan ocurrir cuando no debieran ocurrir. Las leyes o decretos en el Uruguay no son muy claros (hay confusión técnica en quienes lo redactaron).

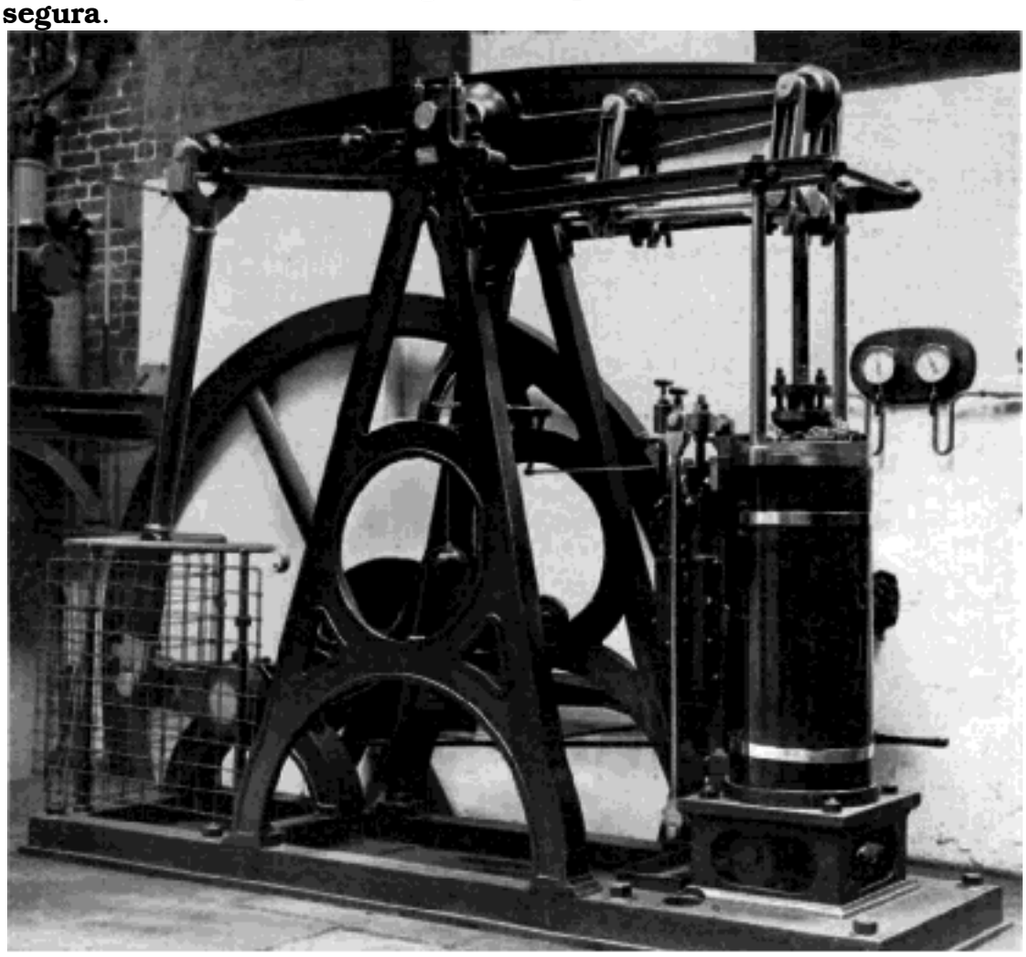
Los inspectores juegan un rol muy importante, ya que por lo general la gente piensa "**esta caldera pasó el examen, no le va a pasar nada**", pero si el inspector ha dejado pasar una posible causa de futuro accidente, esto puede ser muy peligroso……además la caldera es dinámica, hay otras posibles fallas.

También pueden haber **fabricantes inescrupulosos o ignorantes**, que venden calderas que no fueron construidas de acuerdo a las normas (no todas las normas son igual de

seguras), muchas veces esto ocurre con las **calderas importadas** (las mismas vienen ya con la aislación puesta, son difíciles de inspeccionar extructuralmente en esas condiciones, es como "un médico examinar un enfermo con sobretodo"!!!!).

Por eso, **cuando se compra una caldera nueva**, se deben exigir que las normas correspondientes sean cumplidas.**Todas las normas:** las de los materiales, las constructivas, las inspectivas, las operativas y las relacionadas con todos los elementos de operación de seguridad.

Cuando **se compre una caldera usada**, se deben averiguar todos las informaciones históricas desde su **construcción, operación, reparaciones,** etc. y **hacer una inspección con todas las pruebas necesarias, para asegurarnos que la caldera está en condiciones de una operación segura**.



Máquina alternativa de fines de siglo 18 y principios del 19
Posiblemente construida por Boulton y Watt.

Pero, por más que una caldera, sea buena, bien construida, **debe ser bien usada, respectando todos sus límites operativos, ya que en definitiva cualquier caldera puede ser una "bomba".**

Es un error pensar que una caldera cuanto más soporte la presión (en un calefón de agua pasa lo mismo), habrá menor riesgo, **esto es falso**, ya que lo importante es el **límite de la presión de trabajo**, así como **el límite de la transferencia térmica**, etc., ya que si estos límites se superan, cuanto más fuerte sea el recipiente, más fuerte será la expansión (el efecto expansivo o de explosión).

A esta problemática de todo lo relacionado a la construcción y operación, debemos de agregar un importante capítulo : **la química del agua.** En la química del agua se debe tener muy en cuenta que la misma **está asociada a la seguridad, eficiencia de la caldera y calidad del vapor.** Los productos químicos a utilizar deben de estar dentro de los elementos que **no afecten a la salud humana** : hay productos que son cancerígenos, hay otros que todavía no se saben si lo son con claridad (algunos de ellos de origen sintéticos, casi indestructibles). En una planta, el vapor de estos productos pueden entrar en contacto con el

ser humano en forma directa o indirecta (a través del manipuleo de los productos, del vapor, etc)..

También se venden **aparatos mecánicos** "**milagrosos**" (generalmente "magnéticos") q**ue tratan el agua**. Se debe tener **mucho cuidado** con esto, ya que no nos podemos descansar en algo que nos puede llevar a que entremos en una zona de peligro en la caldera (por incrustación de la misma). Han ocurrido importantes accidentes.

HOGAR COLAPSADO POR FALTA DE CIRCULACIÓN

No olvidar, que lo más importante en una caldera, es el "enfriamiento" de las superficies del metal sometidas a la transferencia de calor (que tienen por un lado una alta temperatura de la combustión o sus gases calientes y el otro el agua o vapor, que enfría el metal, tomando el calor del metal, pudiendo haber una capa de incrustación o un fenómeno tenso-activo, que interfiera con este enfriamiento), **que se pueden quemar o colapsar, lo que se puede decir que en definitiva, la circulación interna del agua o del vapor en una caldera, es la condición más importante a respectar.**

Pero también tenemos que tener en cuenta que una caldera excesivamente limpia puede ser una caldera perdiendo espesor del metal (el metal en contacto con el agua es protegido por una capa de óxido magnético, por lo que si esta capa se disuelve, el metal es atacado, perdiendo espesor, de allí que una caldera debe ser preferiblemente incrustada, bajo el límite de seguridad y Eficiencia, pero nunca permitida su corrosión, la corrosión no tiene arreglo, la incrustación controlada siempre es limpiable).

Estos conceptos ya lo tenía muy claro, uno de los "maestros" de las calderas:

La siguiente es la idea de una **caldera perfecta en el año 1875** dada por el Sr. Stephen **Wilcox**.

Nota: A pesar de los años transcurridos, esta idea sigue teniendo una validez indiscutible, pero aún hay quienes no la aplican.

Dijo el Sr. S.Wilcox en 1875 :

"1-Una mano de obra apropiada y construcción sencilla, utilizando materiales que la experiencia ha señalado como los mejores, con los que se evitan reparaciones prematuras.

2-Un colector de lodos, para recibir todas las impurezas que deposita el agua, colocado en tal forma, que pueda ser removido fuera de la acción del fuego.

3-Una capacidad de agua y vapor suficientes, para prevenir las fluctuaciones de la presión del vapor y del nivel del agua.

4-Una superficie para el desprendimiento del vapor del agua lo suficientemente amplia, para prevenir la formación de espuma.

5-Una constante y total circulación del agua dentro de la caldera, para mantener la temperatura uniforme en todas partes.

6-El espacio del agua debe dividirse en secciones que se tendrán que disponer en tal forma que si alguna de ellas llega a fallar, no pueda ocurrir una explosión general, sino que los efectos destructivos queden confinados al escape del contenido de la caldera. **Conductos amplios y libres de obstáculos entre diferentes secciones, para que la línea de agua y la presión sean idénticas dentro del conjunto total.**

7-Una resistencia extremadamente alta, que esté por encima de cualquier deformación justificada; y una

construcción tal de la caldera, que quede exenta de las deformaciones ocasionadas por expansión desigual y, hasta donde sea posible, evitar uniones en las partes expuestas a la acción del fuego.

8-Una cámara de combustión construida de tal manera, que la combustión de los gases, que inicia en el fogón quede terminada antes de que dichos gases escapen por la chimenea. (Nota: En la actualidad es esencial que la combustión termine, virtualmente dentro del fogón).

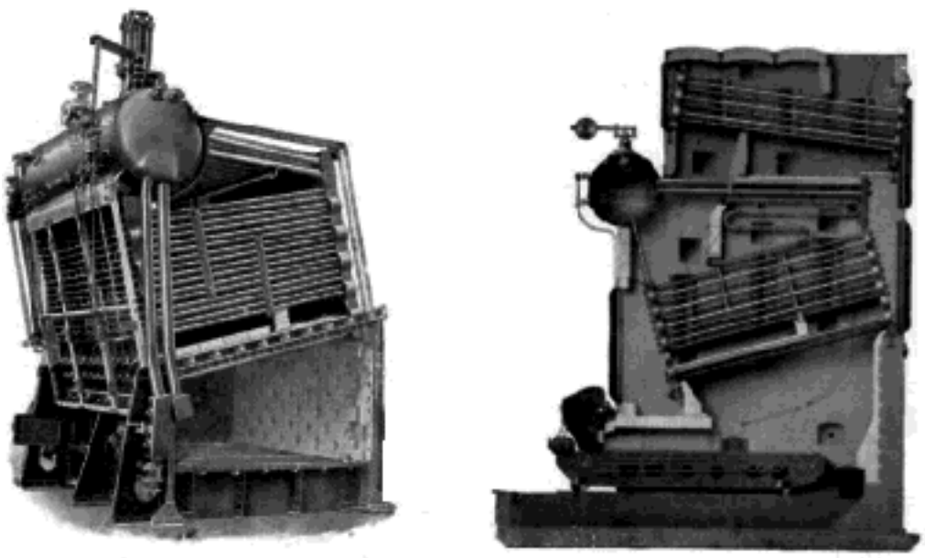
9-Que las superficies de calefacción se aproximen lo más posible a formar un ángulo recto en relación con la dirección de las corrientes de los gases calientes, de manera que sean cortadas dichas corrientes, para extraer el contenido completo de calor de los gases.

10-Todas las partes deben ser fácilmente accesibles para fines de limpieza y reparaciones. Esta es una condición de la máxima importancia, porque se relaciona tanto con la seguridad, como con la economía.

11-Debe estar proporcionada con el trabajo a desarrollar y adecuada para trabajar a su capacidad máxima de régimen con la más alta economía.

12-Debe ser equipada con los aparatos de medición y válvulas de seguridad más modernos, al igual que otros accesorios.

Babcock & Wilcox Co. Steam, Its Generation and Use. "



Antiguas calderas acuo-tubulares de fines del siglo 19

En URUGUAY

Las primeras calderas probablemente fueron las instaladas en los **buques de la carrera y cabotaje** (tanto del Río de la Plata como del Río Uruguay), en las **trilladoras**, en algún **molino**, en **ferrocarriles.**

En el caso de la **trilladoras** se pagó tributo en muchos accidentes debido a la precariedad del medio en que se trabajaba (lejos de los talleres, con aguas no muy adecuadas, etc.). Las calderas usadas eran las del tipo locomóvil con ruedas para su transporte.

Modulo 1-ALGO DE HISTORIA DE LAS CALDERAS

CALDERA TIPO LOCOMOVIL A CARBON

Es una caldera humo-tubular muy común en Uruguay hasta la mitad del siglo 20, de 2 pases de tubos y un pase exterior en el hogar ("panza caliente", sumamente "peligrosa" por el asentamiento de barros sobre el hogar en la zona de la envuelta, lo que dificulta la transmisión de calor y produce su rotura sobre el fuego. Este tipo de caldera provocó muchos accidentes. Fueron adaptadas a F. Oíl.

Los **ferrocarriles** (actualmente AFE) también fueron movidos en su primer momento por medio del vapor (quemando leña y carbón, luego adaptadas a F. Oíl). La problemática del agua, que se cargaba en distintos puntos del país, obligaba a limpiezas mecánicas en forma periódica de las cámaras de agua. De estos talleres del "ferrocarril" salieron muchos "foguistas" y técnicos para la industria y los talleres.

Locomotora a leña "CORAZON DE FUEGO"

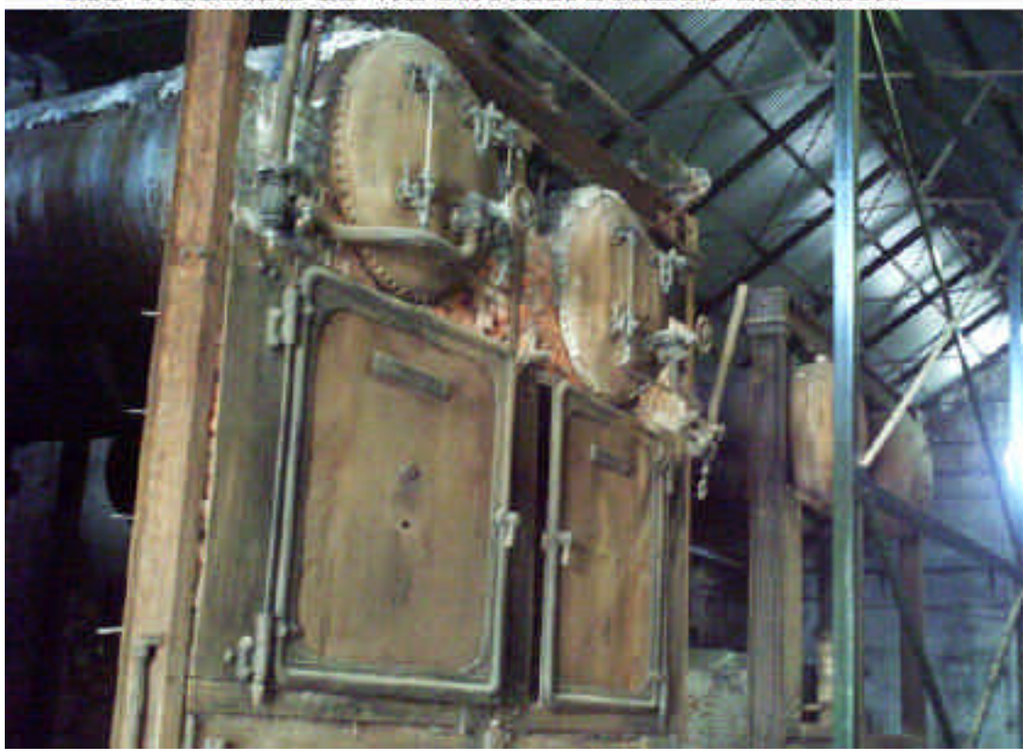
Los **guinches del puerto** fueron movidos por máquinas alternativas a vapor , alimentadas por calderas verticales.

La **usinas eléctricas del Estado** (UTE) ha sido y es la gran planta de vapor en la actualidad (alta presión), habiendo en otras épocas dispuesto de plantas menores en ciudades del interior.

El **suministro de agua potable a Montevideo** (ahora OSE) era por medio de calderas y máquinas alternativas.

Modulo 1-ALGO DE HISTORIA DE LAS CALDERAS

OSE-CALDERAS DE VAPOR PARA BOMBEO DEL AGUA



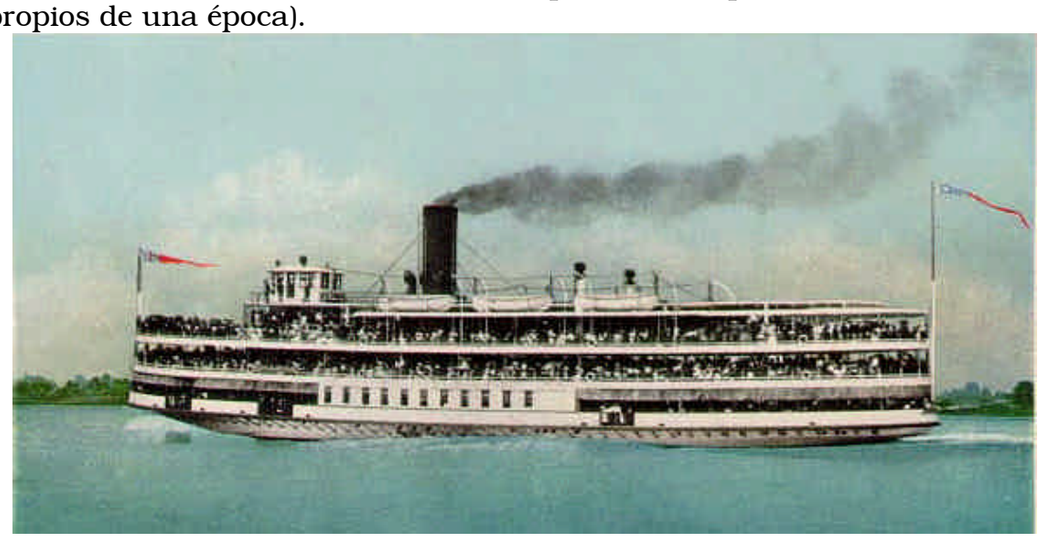
La **refinería de petróleo** (ANCAP) también utiliza la energía de calderas de media presión con generación propia y aprovechamiento de gases del proceso.

Algunas **industrias**, como los **grandes frigoríficos**, la **industria textil,** la **cervecera**, la **industria azucarera**, tuvieron grandes plantas de vapor, con turbinas y generación propia. Estas plantas eran de media presión, con vapor sobrecalentado.

La **industria papelera,** con calderas de media presión y calderas de recuperación de proceso, con turbinas y generación eléctrica propia.

Algunas **canteras de arena y otras extracciones**, contaban con calderas para mover sus máquinas, ahora desplazadas por los motores de explosión interna.

Los barcos, en épocas anteriores, llamados **vapores**, el mismo nombre indicaba la importancia de las calderas en su propulsión y generación de energía eléctrica. Hoy han pasado a motores diesel. Uno de los más conocidos en los últimos tiempos : EL TACOMA tenía calderas de baja presión (humo-tubulares) con turbinas de vapor. Los petroleros de ANCAP y de la ARMADA. Los remolcadores del puerto. Los "vapores de la carrera" desde el siglo pasado (que unían desde Salto, Montevideo, Buenos Aires) fueron los más famosos. Se cobraron muchas "victimas" con los accidentes provocados por las fallas de las calderas (problemas propios de una época).



Modulo 1-ALGO DE HISTORIA DE LAS CALDERAS

Barco a vapor de fines de siglo 19 y principios de siglo 20

Las leyes y decretos en Uruguay, puede que haya ordenanzas anteriores, parten de la Ley Nº5032 del 21 de Julio de 1914 sobre Accidentes de Trabajo, que se fue implementando con el tiempo, específicamente para calderas desde la ley del 7 febrero de 1925, que daba el contralor técnico de las calderas a la **Inspección de Minas e Industrias** (después **Dirección de Industria**). Ya en ese entonces se promueven inspecciones anuales del tipo visual y operativo, quedando inspecciones cada 4 años más completas, con prueba hidráulica.

Luego por decreto del 3 de diciembre de 1925, se hablaba de 3 categorías de generadores: de Baja presión hasta 2 Kg/cm2, Medida presión de más 2 Kg/cm2 hasta 4 Kg/cm2 y de Alta presión de más de 4 Kg/cm2..

Hoy esta clasificación no tiene sentido técnico ya que los límites de presión son arbitrarios, es decir todo es muy relativo, de manera que hoy se utiliza la superficie de calefacción que da una idea más clara sobre la dimensión del generador.

Por ley del 31 de enero de 1935 pasará a la **Dirección de Industrias** el control y cobro de las tasas de impuesto.

Los decretos del 11 de marzo de 1927, junio de 1930, 15 de mayo de 1933, noviembre de 1934 y 31 de agosto de 1938, darán la pauta de la **Reglamentación general**, esto reglamentaba todas las operaciones de control, traslados y enajenación de los generadores de vapor.

Un decreto del 24 de julio de 1933 reglamentaba el uso de las soldaduras en la reparación de las calderas (no olvidar que las calderas eran por lo general **remachadas**), este decreto daba algunas normas técnicas muy genéricas sobre responsabilidades y procedimientos. Siendo necesario que los talleres que efectuaran reparaciones de importancia (¿cuerpo de presión?) hubiera un ingeniero especializado responsable.

El decreto del 29 de noviembre de 1940, regulaba los procedimientos, responsabilidades, de los propietarios de calderas y los talleres de reparación. **Siempre el propietario es el responsable principal o el taller que efectuó la reparación, no así el inspector que habilita el generador.**

La **Dirección de Industrias** será el controlador, aunque quien aplique las sanciones será el **Instituto Nacional del Trabajo y Servicios Anexados.**

En resumen, en los referente a las calderas, ya desde aquellos años: Los **inspectores deberán controlar la exactitud de la presión de los manómetros,** utilizando para ello un **manómetro patrón**, las **válvulas de seguridad** quedarán **precintadas una vez calibradas** (será la Dirección de Industria quien controlará estos precintos). Se indicaban los procedimientos más importantes en las situaciones de riesgo y los procedimiento a tener en cuenta para las inspecciones.

Se llevaba un libro de anotaciones de las inspecciones y reparaciones (decreto 11 de marzo de 1927), pero toda avería o reparación se debía comunicar a la Dirección de Industrias (decreto del 29 de noviembre de 1940). En cuanto a los foguistas, deberían tener un certificado de idoneidad de la D.I. (decreto de 3 agosto de 1945).

Un decreto 406/988 (M.S.P.) , el el capítulo IV se reglamentan una cantidad de elementos o procesos sobre las calderas y recipientes a presión, sus cuidados y operación.

Por decreto del 12 de marzo de 1997 se acuerda que el M.I.E.M. podrá pasar al L.A.T.U. (Laboratorio Tecnológico del Uruguay) la inspección técnica de los generadores de vapor.

Hoy en día, la legislación está en un período de evolución, dado que los generadores de vapor han cambiado mucho (siendo el Decreto 190/997 en donde se procede a pasar la obtención del carné de foguista al Bachillerato Tecnológico de Termodinámica (Frío-Calor) de la Escuela Técnica del Buceo).

Pero hay cosas muy rescatables de estas leyes y decretos anteriores, algunas que ya se dejaron de usar, como ser : que cada generador centralice en sitio, en una libreta toda la información en su vida útil (esto sirve como historial, cosa muy importante). La otra es el control de los manómetros en sitio, ya que un manómetro por calibrado y precintado que esté, puede fallar desde el lugar en donde se efectuó la calibración y el precinto, a su instalación en la caldera.

No comparto en la reglamentación de la purga diaria de la conexión al manómetro (esto provoca corrosión y fatiga en el manómetro), quizás el motivo de esta indicación era por el temor que el manómetro estuviera "engripado" (cosa muy probable en aquellas épocas que casi

no existía el tratamiento de agua).

Es bueno la **prueba dinámica de presión de apertura y cierre** (con presión de la propia caldera) **de las válvulas de seguridad**, es la única forma de asegurarse que las mismas operan correctamente, **las cuales deben estar precintadas por el inspector, pero también deberían hacerse pruebas de capacidad** (cosa que nunca he visto hacer en 41 años), especialmente en calderas nuevas.

La mayoría de las veces el fin de la caldera era este:

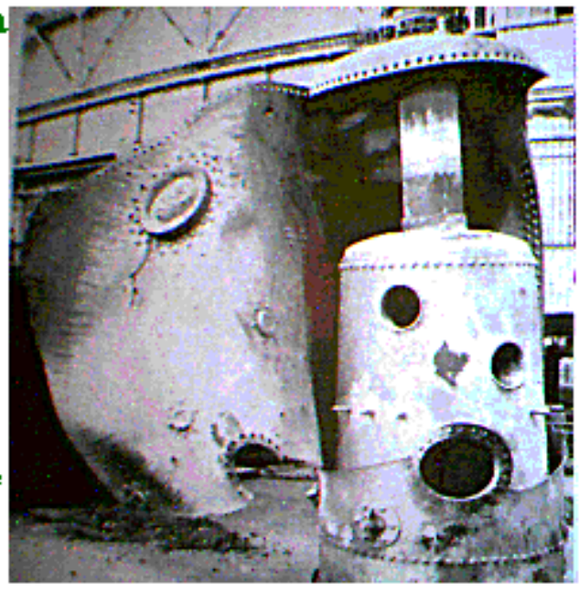
Fragilidad caústica

Acumulación de barros

Inscrustaciones

Falla válvula de seguridad

Falla tapón fusible



CALDERA humo-tubular vertical de 1 pase sin tubos remachada

Observar las entradas de limpieza de barros e incrustaciones no había tratamiento quimico

Generalmente el problema de la seguridad estaba en las normas de contrucción, los elementos de seguridad (válvulas seguridad, tapones fusibles, etc), pero el mayor problema era el agua.

ANTIGUA CALDERA VERTICAL. Esta caldera ha sufrido una explosión de envuelta, **el más peligroso de los accidentes**, generalmente producto de fallas estructurales, ataque cáustico a los remaches o simplemente exceso de presión.

##########################0##########################